



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN DISTILATOR BIOETANOL  
MODEL REFLUKS SISTEM KONTINU  
KAPASITAS PRODUKSI 5 LITER/JAM**

**UULUL ILMI**

**NIM. 201454078**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Rochmad Winarso, S.T., M.T.**

**Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MURIA KUDUS**

**2018**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### PERANCANGAN DISTILATOR BIOETANOL MODEL REFLUKS SISTEM KONTINU KAPASITAS PRODUKSI 5 LITER/JAM

UULUL ILMI  
NIM. 201454078



Kudus, 13 Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Rochmad Winarto, S.T., M.T.  
NIDN. 0612037201


Pembimbing Pendamping



Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.  
NIDN. 060037301

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir



Qomaruddin, S.T., M.T.  
NIDN. 0626097102

## HALAMAN PENGESAHAN

### PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**PERANCANGAN DISTILATOR BIOETANOL MODEL  
REFLUKS SISTEM KONTINU KAPASITAS PRODUKSI 5  
LITER/JAM**

Jalur Tiga Akin

Menyatakan bahwa saya telah menyelesaikan tugas akhir saya yang berjudul

Perancangan Distilator Bioetanol Model Refluks Sistem Kontinu Kapasitas Produksi 5 Liter/jam

yang telah saya selesaikan dengan baik dan benar sesuai dengan ketentuan yang berlaku

dan saya nyatakan bahwa karya tersebut adalah karya saya sendiri dan tidak

menjiplak atau menyalin dari karya orang lain, baik secara langsung atau

tidak langsung, termasuk dari Internet atau media elektronik lainnya.

Diketahui di Yogyakarta, 13 Agustus 2018

Saya,

UULUL ILMI

NIM. 201454078

Kudus, 13 Agustus 2018

Menyetujui,

Ketua Penguji

Anggota Penguji I

Anggota Penguji II

Qomaruddin, S.T., M.T.  
NIDN. 0626097102

Bachtiar Setya N, S.T., M.T.  
NIDN. 0624077201

Rochmad Winarsa, S.T.  
NIDN. 0612037201

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Mohammad Dahlan, S.T., M.T.  
NIDN. 0601076901

Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.  
NIDN. 060037301

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Uulul Ilmi  
NIM : 201454078  
Tempat & Tanggal Lahir : Kudus, 01 Desember 1994  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Distillator Bioetanol Model Refluks Sistem Kontinu Kapasitas Produksi 5 liter/jam.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dalam Skripsi dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muria Kudus.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Kudus, 13 Agustus 2018

Yang memberi pernyataan,



Uulul Ilmi  
NIM. 201454078

## **PERANCANGAN DISTILATOR BIOETANOL MODEL REFLUKS SISTEM KONTINU KAPASITAS PRODUKSI 5 LITER/JAM**

Nama mahasiswa : Uulul Ilmi

NIM : 201454078

Pembimbing :

1. Rochmad Winarso, S.T ., M.T.
2. Rianto Wibowo, S.T ., M.Eng.

### **RINGKASAN**

Dengan menurunnya cadangan minyak bumi nasional pemerintah telah mencanangkan untuk meningkatkan pemakaian bahan bakar nabati, bahan bakar nabati salah satunya adalah bioetanol maka dari itu perlu dirancang mesin distilator bioetanol. Metodologi penelitian dimulai dari observasi lapangan dan studi literatur, menganalisa kebutuhan serta membuat konsep, selanjutnya melakukan perancangan dan perhitungan. Dari hasil perancangan dan perhitungan mesin distilator menghasilkan data yaitu kapasitas produksi 5 liter/jam, menggunakan bahan baku tongkol jagung dengan kadar bir 10% air 90%, kebutuhan uap 50 kg/jam, kebutuhan kalor 514102 kJ, kebutuhan bahan bakar 10 kg/jam, pada tangki diameter 400 mm tinggi 500 mm, pada refluks untuk menurunkan suhu dari 100<sup>0</sup>C ke 78<sup>0</sup>C menggunakan pipa diameter 4 inch panjang 2000 mm, panjang pipa tembaga spiral 3000 mm, pada kondensor untuk menurunkan suhu 78<sup>0</sup>C ke 24<sup>0</sup>C menggunakan tabung diameter 200 mm panjang 600 mm, panjang pipa tembaga spiral 6500 mm, pada simulasi tekanan pada tangki menggunakan *software FEA (Finite Element Analysis)* memperoleh data *von mises* 8.10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup>, *displacement* 0,208548 mm, *strain* 0,000340344.

Kata kunci : Bioetanol, Distilator, Energy terbarukan



## DESIGN OF DISTILATOR BIOETHANOL MODEL REFLUKS CONTINU SYSTEM PRODUCTION CAPACITY 5 LITER / HOURS

*Student Name* : Uulul Ilmi

*Student Identity Number* : 201454078

*Supervisor* :

1. Rochmad Winarso, S.T., M.T.
2. Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.

### **ABSTRACT**

*With the decline of national petroleum reserves the government has launched to increase the use of biofuels, biofuels of one of them is bioethanol, therefore it is necessary to design bioethanol distillator machine. The research methodology starts from field observation and literature study, analyzing needs and making concepts, then doing the design and calculation. From result of design and calculation of distillator machine yield data that is production capacity 5 liter / hour, using corncob raw material with 10% water content 90% water, vapor requirement 50 kg / hour, need heat 514102 kJ, fuel requirement 10 kg / jam , at a diameter of 400 mm tank 500 mm, at reflux to lower the temperature from 100<sup>0</sup>C to 78<sup>0</sup>C using a 4 inch diameter pipe of 2000 mm length, 3000 mm spiral copper pipe length, on condenser to lower temperature 78<sup>0</sup>C to 24<sup>0</sup>C using tube diameter 200 mm length 600 mm, spiral copper pipe length 6500 mm, in simulation pressure on the tank using FEA software (Finite Element Analysis) obtain data von mises 8,10<sup>7</sup> N / m<sup>2</sup>, displacement 0,208548 mm, strain 0.000340344.*

*Keywords: Bioethanol, Distilator, Renewable Energy*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Perancangan Distillator Bioetanol Model Refluks Sistem Kontinu Kapasitas Produksi 5 liter/jam. Dimana penyusunan Tugas Akhir bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Strata I Program Studi Teknik Mesin.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak – banyaknya kepada beberapa pihak yang telah membantu dan mendukung dalam proses penyusunan Tugas Akhir. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Bapak yang selalu memberikan semangat, dorongan dan doa.
2. Bapak Rochmad Winarso, S.T., M.T. dan Bapak Rianto Wibowo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II.
3. Bapak Qomaruddin, S.T., M.T dan Bapak Bachtiar Setya N, S.T., M.T selaku dosen penguji.
4. Bapak Mohammad Dahlan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik.
5. Jajaran staff pengajar dan laboran Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus.
6. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2014 yang telah membantu dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca guna memperoleh kemajuan bagi penulis dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Kudus, Agustus 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN</b> .....	xvi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bioetanol. ....	5
2.2 Bahan Baku Bioetanol.....	5
2.2.1 Jagung.....	6
2.3 Distilasi.....	7
2.4 Mesin Distilator yang Sudah Ada. ....	8
2.4.1 Distilasi Sistem <i>Batch</i> .....	8
2.4.2 Distilasi Sistem Refluks .....	9
2.5 Komponen Mesin Distilator. ....	11
2.5.1 Tangki Pemanas .....	11
2.5.2 Menara Refluks. ....	12
2.5.3 Kondensor. ....	14
2.6 Konsep Dasar Perancangan Tangki Pemanas. ....	16
2.6.1 Teori Penguapan.....	16
2.6.2 Kebutuhan Bahan Bakar.....	18
2.6.3 Tebal Dinding Tangki. ....	18
2.7 Konsep Dasar Perancangan <i>Heat Exchanger</i> . ....	19
2.7.1 Mekanisme Perpindahan Panas.....	19
2.7.2 Bilangan <i>Reynolds</i> .....	20
2.7.3 Koefisien Perpindahan Panas Total.....	21
2.7.4 Kalor.....	22
2.7.8 <i>Log Mean Temperature Difference (LMTD)</i> . ....	23



2.8	Konsep Dasar Perancangan Rangka Mesin.....	24
2.8.1	Teori Beban.....	24
2.8.2	Teori Gaya.....	24
2.8.3	Teori Tumpuan.....	25
2.8.4	SFD dan BMD.....	26
2.8.5	Tegangan.....	27
2.8.6	Regangan.....	28
2.8.7	<i>Stress</i> dan <i>Strain</i> Diagram.....	28
2.9	Rumus Perhitungan.....	29
2.9.1	Rumus Perhitungan Tangki.....	29
2.9.2	Rumus Perhitungan Refluks dan Kondensor.....	29
2.9.3	Rumus Perhitungan Rangka.....	33

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Diagram alir.....	35
3.2	Tahapan penelitian.....	36
3.2.1	Observasi lapangan.....	36
3.2.2	Studi literatur.....	36
3.2.3	Analisa kebutuhan.....	36
3.2.4	Konsep desain.....	38
3.2.5	Pemilihan konsep.....	42
3.2.6	Perhitungan Perencanaan.....	43
3.2.7	Simulasi.....	43

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Langkah-langkah Perancangan Distilator.....	44
4.2	Penentuan Data Awal (Analisa Kebutuhan).....	44
4.3	Perencanaan dan Perhitungan Tangki.....	45
4.3.1	Penentuan Data Awal Tangki (Analisa Kebutuhan).....	45
4.3.2	Perhitungan Tinggi Volume Bahan Baku.....	46
4.3.3	Perhitungan Volume Penguapan.....	47
4.3.4	Perhitungan Kebutuhan Uap.....	48
4.3.5	Perhitungan Waktu Penyulingan.....	48
4.3.6	Perhitungan Kalor Total.....	49
4.3.7	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar.....	50
4.3.8	Perhitungan Tebal Dinding Tangki.....	51
4.4	Perencanaan dan Perhitungan Refluks.....	52
4.4.1	Penentuan Data Awal Refluks (Analisa Kebutuhan).....	52
4.4.2	Perancangan Pipa Tembaga.....	53
4.4.3	Perhitungan LMTD.....	53
4.4.4	Perhitungan Faktor Koreksi.....	54
4.4.5	Perhitungan LMTD dengan Faktor Koreksi.....	55
4.4.6	Perhitungan <i>Reynolds Number</i> .....	55
4.4.7	Perhitungan <i>Nuzelt Number</i> .....	56
4.4.8	Perhitungan Koefisien Konveksi.....	56
4.4.9	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Total.....	57

4.4.10	Perhitungan Kalor. ....	57
4.4.11	Perhitungan Luas Permukaan. ....	58
4.4.12	Perhitungan Panjang Pipa. ....	58
4.4.13	Perhitungan Jumlah <i>Pitch</i> . ....	59
4.4.14	Perhitungan Jarak <i>Pitch</i> . ....	59
4.5	Perencanaan dan Perhitungan Kondensor. ....	61
4.5.1	Penentuan Data Awal Kondensor (Analisa Kebutuhan). ....	61
4.5.2	Perancangan Pipa Tembaga. ....	62
4.5.3	Perhitungan LMTD. ....	62
4.5.4	Perhitungan Faktor Koreksi. ....	63
4.5.5	Perhitungan LMTD dengan Faktor Koreksi. ....	64
4.5.6	Perhitungan <i>Reynolds Number</i> . ....	64
4.5.7	Perhitungan <i>Nuzelt Number</i> . ....	65
4.5.8	Perhitungan Koefisien Konveksi ....	65
4.5.9	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Total. ....	66
4.5.10	Perhitungan Kalor. ....	66
4.5.11	Perhitungan Luas Permukaan. ....	67
4.5.12	Perhitungan Panjang Pipa. ....	67
4.5.13	Perhitungan Jumlah <i>Pitch</i> . ....	68
4.5.14	Perhitungan Jarak <i>Pitch</i> . ....	68
4.6	Perencanaan dan Perhitungan Rangka. ....	70
4.6.1	Desain Rencana Konstruksi Rangka. ....	70
4.6.2	Perhitungan Massa Kondensor. ....	70
4.6.3	Perhitungan SFD dan BMD. ....	73
4.7	Simulasi Tangki. ....	81
4.7.1	Langkah Simulasi Tangki ....	81
4.7.2	Data Properties Material. ....	84
4.7.3	Hasil Simulasi. ....	84
4.7.4	Kesimpulan Simulasi. ....	85
4.8	Perhitungan Kekuatan Pengelasan. ....	87

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan. ....	89
5.2	Saran. ....	90

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Alir Pembuatan Bioetanol. ....	5
Gambar 2.2	Distilasi Sederhana. ....	8
Gambar 2.3	Distilasi Refluks. ....	9
Gambar 2.4	Tangki Pemanas.....	11
Gambar 2.5	<i>Tray</i> .....	12
Gambar 2.6	Menara Refluks. ....	13
Gambar 2.7	Tipe Pipa <i>Heat Exchanger</i> .....	14
Gambar 2.8	Kondensor.....	14
Gambar 2.9	<i>Paralel Flow</i> .....	15
Gambar 2.10	<i>Counter Flow</i> .....	15
Gambar 2.11	Grafik Laten dan Sensibel. ....	16
Gambar 2.12	Perubahan Fasa. ....	17
Gambar 2.13	Perpindahan Panas Konduksi. ....	19
Gambar 2.14	Tipe Panas Konveksi. ....	20
Gambar 2.15	<i>Reynolds</i> . ....	21
Gambar 2.16	Perpindahan Panas.....	21
Gambar 2.17	Kalor. ....	22
Gambar 2.18	Diagram LMTD.....	23
Gambar 2.19	Beban Terpusat.....	24
Gambar 2.20	Beban Merata.....	24
Gambar 2.21	Gaya Normal. ....	25
Gambar 2.22	Gaya Geser. ....	25
Gambar 2.23	Momen Lentur.....	25
Gambar 2.24	Tumpuan Rol.....	25
Gambar 2.25	Tumpuan Sendi.....	26
Gambar 2.26	Tumpuan Jepit. ....	26
Gambar 2.27	SFD dengan Grafis. ....	26
Gambar 2.28	BMD dengan Grafis. ....	27
Gambar 2.29	Diagram <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> .....	28
Gambar 3.1	Diagram alir.....	35
Gambar 3.2	Konsep pertama.....	38
Gambar 3.3	Konsep Kedua. ....	40
Gambar 3.4	Konsep Terpilih.....	43
Gambar 4.1	Tangki Pemanas.....	45
Gambar 4.2	Volume Bahan Baku.....	46
Gambar 4.3	Volume Penguapan.....	47
Gambar 4.4	Tebal Tangki.....	51
Gambar 4.5	Menara Refluks. ....	52
Gambar 4.6	Aliran Berlawanan Arah.....	53
Gambar 4.7	Tembaga Refluks.....	60
Gambar 4.8	Kondensor.....	61
Gambar 4.9	Aliran Berlawanan Arah.....	62
Gambar 4.10	Tembaga Kondensor.....	69

Gambar 4.11	Rangka.....	70
Gambar 4.12	Dinding Diameter Luar.....	71
Gambar 4.13	Dinding Diameter Luar.....	71
Gambar 4.14	Rangka Kondensor Pandangan Atas. ....	73
Gambar 4.15	<i>Free body diagram</i> rangka batang 1.....	74
Gambar 4.16	SFD dan BMD rangka batang 1. ....	75
Gambar 4.17	<i>Free body diagram</i> rangka batang 2.....	76
Gambar 4.18	SFD dan BMD rangka batang 2. ....	77
Gambar 4.19	Luas Penampang.....	78
Gambar 4.20	Tampilan Awal <i>Software Solidworks 2016</i> . ....	81
Gambar 4.21	Desain Tangki.....	82
Gambar 4.22	Jenis Simulasi.....	82
Gambar 4.23	Pemilihan Material. ....	83
Gambar 4.24	Pemeberian Tekanan. ....	83
Gambar 4.25	<i>Von Mises</i> . ....	85
Gambar 4.26	<i>Displacement</i> .....	85
Gambar 4.27	<i>Strain</i> .....	86





## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Ketersediaan Energi Fosil Indonesia.....	2
Tabel 2.1	Nilai Konversi Jenis Bahan Menjadi Bioetanol. ....	6
Tabel 2.2	Karakteristik Limbah Tanaman Jagung. ....	6
Tabel 2.3	Perbandingan <i>Tray</i> . ....	12
Tabel 2.4	Spesifikasi LPG.....	18
Tabel 3.1	Analisa Kebutuhan. ....	37
Tabel 3.2	Perbandingan Konsep.....	42
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Kadar Bir . ....	48
Tabel 4.2	Koefisien Temperatur 304.....	51
Tabel 4.3	<i>Properties Stainless Steel 304</i> .....	84
Tabel 4.4	Data <i>Input</i> Simulasi.....	84
Tabel 4.5	Data <i>Output</i> Simulasi.....	84
Tabel 4.6	<i>Von Mises Stress</i> .....	85
Tabel 4.7	<i>Displacement</i> .....	85
Tabel 4.8	<i>Strain</i> .....	86
Tabel 4.9	Elektroda. ....	87



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan	Nomor Persamaan
V	Volume	mm <sup>3</sup>	1
Q	Kalor	kJ	2,15
S	Tebal dinding	mm	3
$\Delta T_{LMTD}$	Beda temperatur logaritma	°C	4
P	Efektif temperatur	-	5
R	Rasio laju	-	6
Fc	Faktor koreksi	-	7
Re	<i>Reynolds</i>	-	9
De	<i>Diameter Ekuivalen</i>	-	10
Nu	<i>Nuzelt</i>	-	11
h	Koevisien konveksi	W/m <sup>2</sup> .°C	12
U	Koevisien perpindahan panas total	W/m <sup>2</sup> .°C	13
m	Laju alairan	Kg/m.s	14
A	Luas permukaan	mm	16
L	Panjang	mm	17
n	Jumlah	-	18
l	Jarak <i>pitch</i>	mm	19
$\Sigma M$	Jumlah gaya	N	20
Ix	Momen inersia	mm <sup>4</sup>	21
$\sigma$	Tegangan	N.mm	22
sf	<i>Safety factor</i>	-	23

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1    Tabel Acuan
- Lampiran 2    Lembar Konsultasi/Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 3    Lembar Revisi Ujian Tugas Akhir
- Lampiran 4    Gambar Teknik



## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Bioetanol	: Alkohol atau etanol yang berasal dari nabati.
Distilator	: Alat yang digunakan untuk produksi bioetanol.
Refluks	: Distilasi sistem bertingkat.
Kondensor	: Alat yang digunakan untuk proses pendinginan.
BBM	: Bahan Bakar Minyak.
UMKM	: Usaha Mikro Kecil dan Menengah.
LPG	: <i>Liquefied Petroleum Gas</i>
LMTD	: <i>Log Mean Temperature Difference</i>
SFD	: <i>Shear Force Diagram.</i>
BMD	: <i>Bending Moment Diagram.</i>

